

ESCUELA SUPERIOR POLITÈCNICA DEL LITORAL

CONVERSIÓN DE UN TELEVISOR EN MONITOR DE EKG

CON MEMORIA

César Flor Roldán¹, Rubén Hidalgo León², Miguel Yapur Auad³

¹Ingeniero Eléctrico, Especialización: Electrónica y Automatización Industrial 2006

²Ingeniero Eléctrico, Especialización: Electrónica y Automatización Industrial 2006

³Director de Tópico. Ingeniero Eléctrico, Especialización: Electrónica, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1983. Master of Science in Biomedical Engineering, University of Texas at Arlington, 1986

RESUMEN

El presente artículo trata sobre un dispositivo portátil diseñado para almacenar en memoria y visualizar señales cardíacas.

El sistema está compuesto básicamente de una etapa analógica que se encarga de acondicionar la señal que proviene del paciente, una etapa digital que funciona, llevando la señal acondicionada a un convertidor analógico - digital. El convertidor muestrea la señal de entrada y envía la señal digitalizada representando cada muestreo a una memoria secuencial para almacenarla. Toda esta etapa digital está controlada por un PIC (Circuito Integrado Programable).

Finalmente, los paquetes de bits correspondientes a la señal digitalizada y almacenada en la memoria, son secuencialmente leídos y llevados a un circuito integrado que contiene dos convertidores digital – analógico, los cuales controlan a los amplificadores energizando las bobinas de deflexión vertical y horizontal de la pantalla para reproducir la forma de onda.

ABSTRACT

The present article treats on a portable device designed to store in memory and to visualize cardiac signals.

The system is composed basically of an analog phase that takes charge of conditioning the signal that the patient stems from, a digital phase that functions, carrying the signal conditioned to an analog- digital converter. The converter samples the signal of input and sends the digitized signal representing each sampling to a sequential memory to store it. All this digital phase is controlled by a PIC (Programmable Integrated Circuit).

Finally, the packages of bits corresponding to the digitized signal and stored in the memory, are sequentially read and carried to an integrated circuit that contains two digital– analog converters, which they control to the amplifiers drivers the reels of vertical and horizontal deflection of the screen to reproduce the waveform.

INTRODUCCIÓN

La electrocardiografía permite visualizar la actividad eléctrica del corazón. Para obtener dicha señal eléctrica es necesario emplear una interfase física, la cual está compuesta por electrodos de Ag/ AgCl, los cuales se acoplan a la piel.

El trabajo que se presenta a continuación trata sobre el diseño y construcción de un procesador de ondas cardiacas que se ha acoplado a una pantalla de televisor de 5.5 pulgadas. En este equipo se utilizan las especificaciones necesarias que permiten visualizar la onda cardiaca en forma continua y bien definida, o sea que no se observará solamente un punto variando en el tiempo sino que se visualizará un tren de ondas cardiacas desplazándose en el tiempo. A esta característica se la denomina “non fade”

El objetivo fundamental de este proyecto es aplicar y desarrollar los conocimientos adquiridos en todas las áreas de Electrónica, analizando y seleccionando las necesidades elementales de un EKG, para luego implementar un equipo basado en dispositivos sencillos y de fácil adquisición, que lo convierte en económico y versátil.

CONTENIDO

Definición de Electrocardiograma

El electrocardiograma es el registro gráfico de los cambios de corriente eléctrica en el corazón, inducidos por la onda de despolarización y luego de repolarización a través de las aurículas y los ventrículos. Estos cambios son detectados por electrodos ubicados en la piel y mediante un equipo electrónico son amplificados, filtrados y desplegados en algún medio de visualización, ya sea graficados sobre un papel termosensible o desplegados en una pantalla de monitor, en forma de ondas y deflexiones que representan la magnitud y dirección de la actividad eléctrica cardiaca.

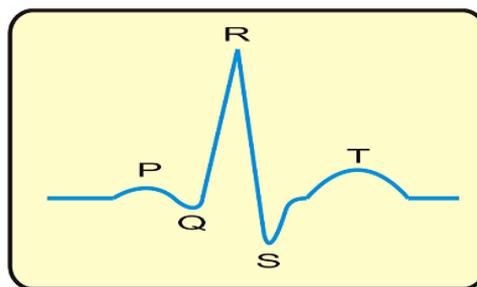


Figura 1. Trazado básico de un EKG.

Ventajas de un Monitor de EKG con Memoria

Los monitores de EKG tradicionales usan un haz de electrones para barrer la pantalla, escribiendo la forma de onda según éste es deflectado. Por lo general su pantalla posee un recubrimiento en su parte interna con fósforo de larga persistencia, sin embargo, se han originado inconvenientes debido a que la gráfica desaparece en muy corto tiempo después de haber sido trazada en la pantalla; a este tipo de monitor se lo suele llamar comúnmente despliegue visual “de punto flotante”. Obsérvese la figura 2.



Figura 2. Monitor cardíaco de punto flotante.

La solución a este problema es el monitor de almacenamiento digital, el cual es comúnmente llamado despliegue visual “non fade”. El sistema de almacenamiento del TRC no es usado en monitores médicos debido a las bajas frecuencias involucradas, pero el almacenamiento de tipo digital ofrece un mejor despliegue visual; además que los datos almacenados no se eliminan cuando la traza es borrada de la pantalla. Obsérvese la figura 3.

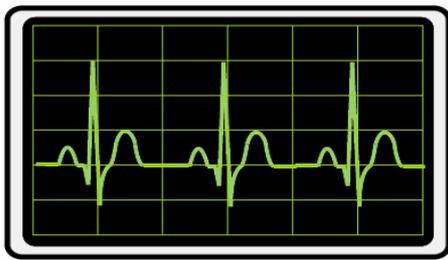


Figura 3. Monitor cardíaco “non fade”.

Principios de Funcionamiento del Monitor de EKG con Memoria

El monitor que se presenta en este trabajo permite mejorar la visualización de la onda cardíaca del paciente. A continuación se describe cómo se produce este proceso.

En primer lugar, toda la parte del electrocardiógrafo (EKG) que se conecta al paciente se mantiene flotante respecto a la tierra del tomacorriente, para que el paciente esté protegido contra corrientes que pudieran ingresar a través de la pierna derecha que es usada como referencia.

A continuación se colocó una etapa de filtrado que sirve para mejorar la señal y minimizar los posibles ruidos que se pudieran inducir en la señal.

La salida del EKG se conecta a un microcontrolador el cual realiza la conversión analógica a digital de la señal y a su vez funciona como dispositivo de almacenamiento digital. Luego de establecer la sincronización necesaria para realizar el despliegue visual, el microcontrolador envía la señal al convertidor digital a analógico para obtener la señal de salida que se visualizará en la pantalla.

Finalmente se realiza la presentación de la señal en la pantalla del televisor; aquí se trabaja con los barridos horizontal y vertical que controlan el funcionamiento del televisor.

El monitor desarrollado en este trabajo está equipado con elementos distintos a un monitor convencional; estos elementos son básicamente registros digitales, además de convertidores A/D y D/A, los cuales cumplen la función de digitalizar la señal, guardarla y refrescar la pantalla del TRC.

ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL

Electrodos

A los electrodos que se utilizan para medir los potenciales bioeléctricos del corazón se los denomina electrodos de superficie de piel. Consisten en placas de plata a las que se le agrega gel para llenar los poros, se colocan sobre la piel y se aseguran mediante brazaletes, es el tipo de electrodos que se ha utilizado en este proyecto.

Amplificador de Instrumentación.

Se utiliza este circuito ya que presenta las siguientes características: la resistencia de entrada de ambas entradas es muy alta, la ganancia de voltaje se establece con una resistencia y el voltaje de salida no depende del voltaje en modo común de las entradas, sólo de su diferencia. La señal de entrada es amplificada aproximadamente unas 10 veces.

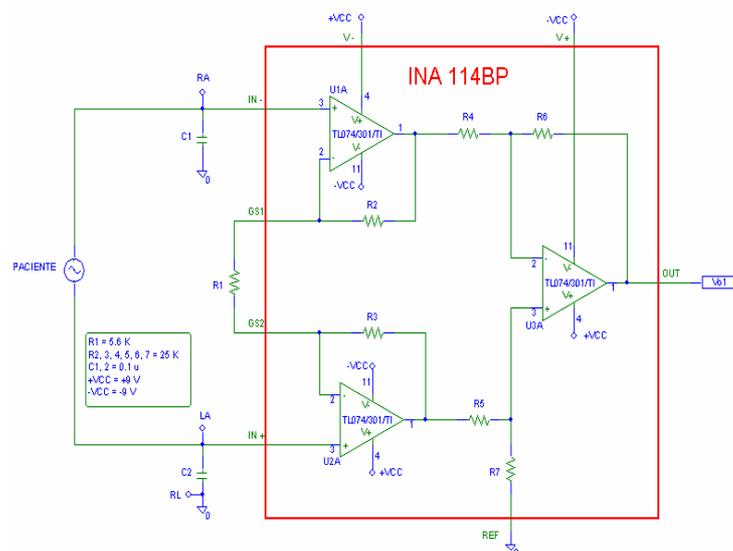


Figura 4. Amplificador de Instrumentación.

Filtros.

Filtro Pasa-Banda.

Este circuito deja pasar una banda de frecuencias. En este caso la banda de frecuencias que se deja pasar es de 0.05 a 105 Hz .

Adicionalmente, debido a que este circuito es un filtro activo le damos a la señal una ganancia de 10 para amplificarla.

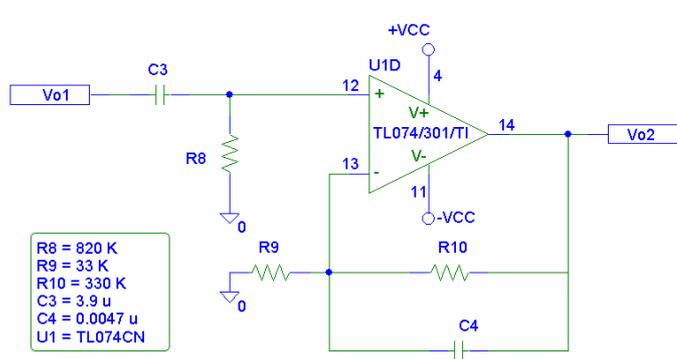


Figura 5. Filtro Pasa - Banda.

Filtro Notch.

Se ha colocado un filtro “Notch” para atenuar las interferencias producidas por la red eléctrica. La frecuencia de rechazo del filtro es 60 Hz

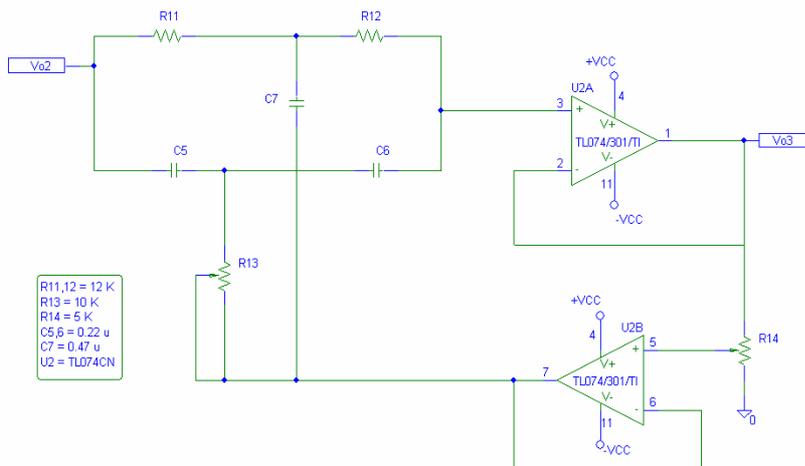


Figura 6. Filtro Notch.

Acondicionamiento de la señal.

Amplificador No Inversor.

Debido a que se necesita obtener una ganancia total del sistema de aproximadamente 1000 veces la señal de entrada, se añade un amplificador no inversor, el cual nos brinda la ventaja de que además de darle amplificación a la señal de entrada, la señal de salida esté en fase con respecto a ésta.

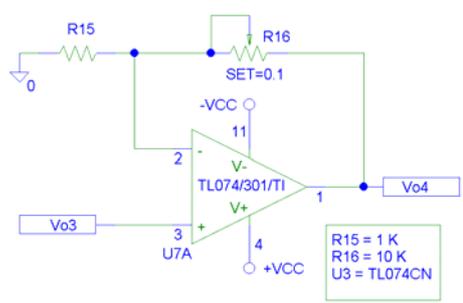


Figura 7 Amplificador No Inversor.

Sumador Inversor.

En esta etapa del circuito se coloca un sumador inversor para poder controlar el nivel dc con el que la señal cardiaca ingresará posteriormente al microcontrolador, ya que este integrado trabaja en el rango de 0 a 5 V. Obsérvese la figura 2.7.

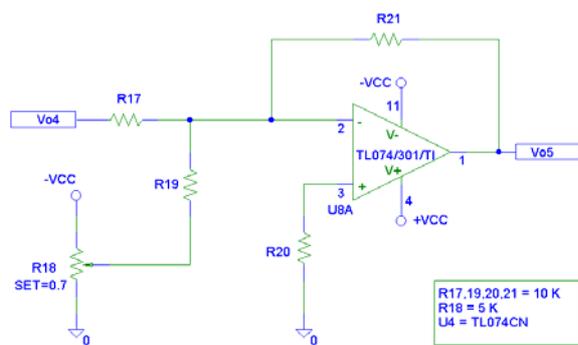


Figura 8 Sumador Inversor.

PROCESAMIENTO DE LA SEÑAL

Diagrama de bloques del procesamiento de la señal

Para brindar una mejor comprensión del desarrollo y funcionamiento de este proyecto se incluye en esta sección su diagrama de bloques; obsérvese la figura 3.1, la cual enfoca de manera global al sistema que se ha diseñado.

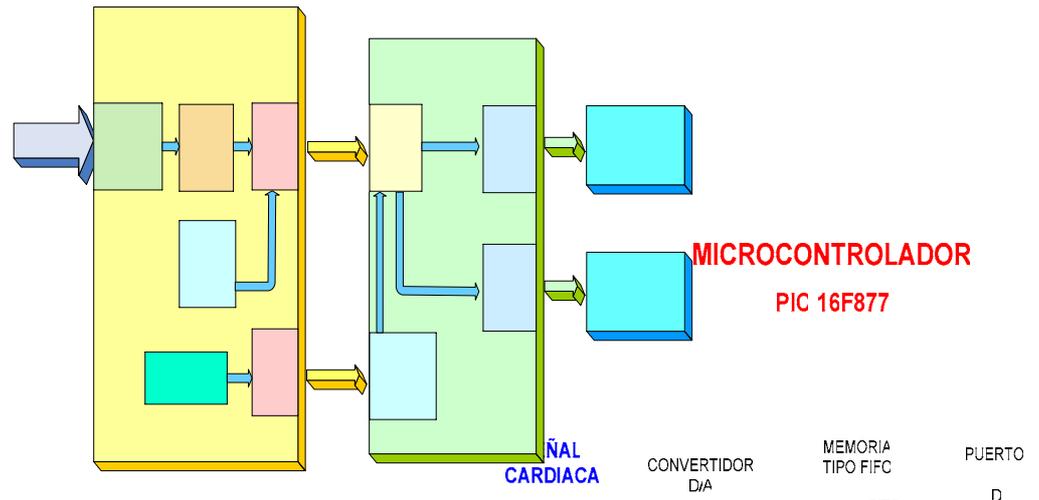


Figura 9 Diagrama de bloques del procesamiento de la señal.

Almacenamiento de datos tipo FIFO

Para realizar el almacenamiento digital de la señal cardiaca se usan 256 locaciones de memoria de ocho bits dentro de una estructura que funciona como registro de desplazamiento, llamada pila FIFO (primero que entra primero que sale) con el objetivo de presentar en pantalla secuencialmente los datos correspondientes a la señal cardiaca.

Diagrama de flujo principal

En la figura 10 se muestra el diagrama de flujo principal del algoritmo utilizado en el microcontrolador para realizar el almacenamiento de datos tipo FIFO.



Figura 10 Diagrama de flujo principal.

Diagrama de flujo de la interrupción

A continuación se muestra el diagrama de flujo de la interrupción que se produce en el programa del microcontrolador.

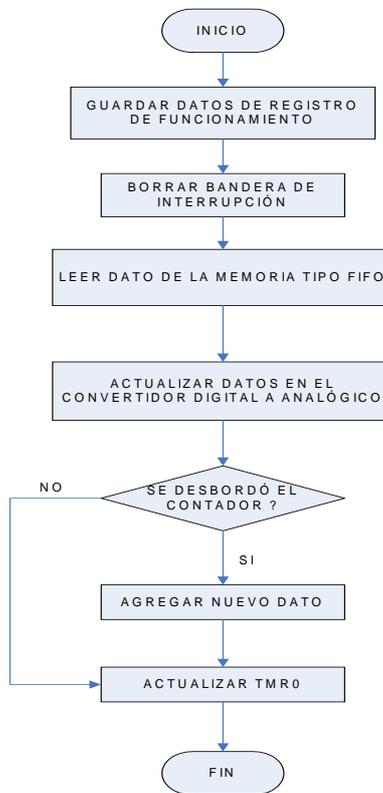


Figura 3.7 Diagrama de flujo de la interrupción.

CONCLUSIONES

Se ha logrado construir un monitor cardiaco de bajo costo a partir de un televisor portátil, con elementos fáciles de encontrar en el mercado, y lo primordial es que su construcción es modular para facilitar su análisis y reparación.

Se observa una pequeña distorsión de la onda cardiaca debido a la limitación del tiempo de adquisición del microcontrolador, lo que se puede corregir utilizando un dispositivo de procesamiento digital (DSP), ya que éste opera a una mayor frecuencia que el microcontrolador y puede trabajar con un tiempo de adquisición menor.

Un factor determinante en el diseño de este trabajo es la programación del microcontrolador ya que este dispositivo es el que maneja tanto la deflexión vertical como la deflexión horizontal y permite que la señal cardiaca sea visualizada a una alta frecuencia, la cual establece el efecto “non fade” en la percepción del ojo humano.

REFERENCIAS

1. César Flor R., Rubén Hidalgo L., “Conversión de un Televisor en Monitor de EKG con Memoria”(Tesis, Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2006).
2. Carr Joseph j. & Brown John M., Introduction to Biomedical Equipment Technology (1era. Edición, New Jersey, Mc Graw Hill, 1966), pp. 304-421
3. Liff Alvin A., Color and Black & White Television: Theory and Servicing (4ta. Edición, Texas, Cecca, 1976), pp. 681-742

Vto. Bueno

Ing. Miguel Yapur Auad.
DIRECTOR DE TESIS